

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-169393

(43)Date of publication of application : 29.06.1999

(51)Int.Cl.

A61F 2/70

(21)Application number : 09-344817

(71)Applicant : KANEFUJI KEIICHI  
KANEKA MEDIX·KK

(22)Date of filing : 15.12.1997

(72)Inventor : KANEFUJI KEIICHI  
SEWA SHINGO

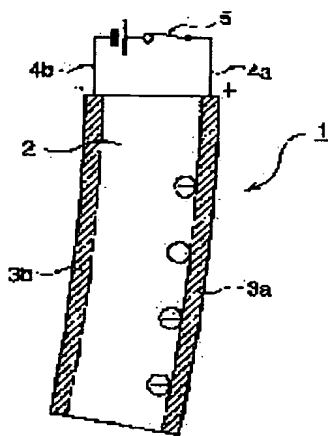
## (54) ARTIFICIAL MUSCLE BODY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an artificial muscle body which achieves excellent softness and a larger displacement along with a light weight and a quick response.

SOLUTION: This artificial muscle body 1 is made up of an elongated rectangular plate-shaped solid electrolytic molded body 2 and polyaniline membrane bodies 3a and 3b formed being mutually insulated on the surface of the solid electrolytic molded body 2. In this case, a voltage is applied to the pair of polyaniline membrane bodies 3a and 3b so that the polyaniline membrane bodies 3a and 3b are deformed to allow the free deformation of the artificial muscle body in any specified direction. The polyaniline membrane bodies 3a and 3b may contain a

modified polyaniline polymer obtained by the graft modification of polyaniline using vinyl sulfone.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-169393

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月29日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

A 6 1 F 2/70

A 6 1 F 2/70

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-344817

(22) 出願日 平成9年(1997)12月15日

(71) 出願人 597174621

金藤 敬一

福岡県福岡市早良区高取 1-13-11-403

(71) 出願人 394003265

株式会社カネカメディックス

大阪府大阪市北区中之島 3 丁目 2 番 4 号

(72) 発明者 金 藤 敬 一

福岡県福岡市早良区高取 1-13-11-403

(72) 発明者 瀬 和 信 吾

神奈川県足柄上郡中井町井ノ口2806-4

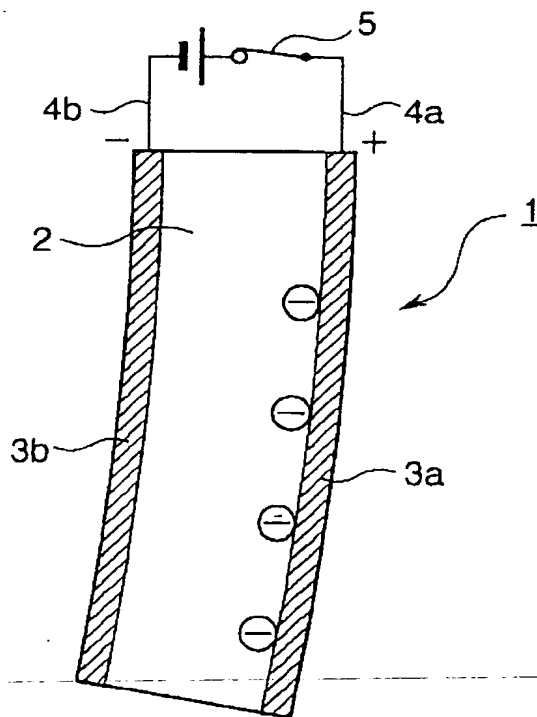
(74) 代理人 弁理士 鈴木 俊一郎

(54) 【発明の名称】 人工筋肉体

(57) 【要約】

【課題】 柔軟性に優れ、かつ軽量で、応答が早く、変位量の大きな人工筋肉体を提供する。

【解決手段】 細長い矩形平板状の固体電解質成形体 2 と、該固体電解質成形体 2 の表面に相互に絶縁状態で形成されたポリアニリン膜体 3 a、3 b とから人工筋肉体を構成し、この一対のポリアニリン膜体 3 a、3 b に電圧を印加することにより、ポリアニリン膜体を変形させて、人工筋肉体を所定方向に変形自在となるように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】固体電解質成形体と、該固体電解質成形体の表面に相互に絶縁状態で形成されたポリアニリン膜体とから構成される人工筋肉体であって、前記ポリアニリン膜体に電位差をかけることにより前記ポリアニリン膜体を変形させて、人工筋肉体を所定方向に変形自在となるように構成したことを特徴とする人工筋肉体。

【請求項2】前記ポリアニリン膜体が、ポリアニリンをビニルスルホンでグラフト変性した変性ポリアニリン重合体を含むことを特徴とする請求項1に記載の人工筋肉体。

【請求項3】前記ポリアニリン膜体が固体電解質を含むポリアニリン膜体であることを特徴とする請求項1または2に記載の人工筋肉体。

【請求項4】前記固体電解質成形体が、陰イオン交換樹脂成形体であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の人工筋肉体。

【請求項5】前記ポリアニリン膜体が、複数対のポリアニリン膜体からなることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の人工筋肉体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の技術分野】本発明は、人工筋肉体に関し、より詳細には柔軟で、低い電圧で駆動でき、収縮力が大きく、位置保持が可能なポリアニリン膜体を含む人工筋肉体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、人工筋肉体としては、高分子ゲル、導電性高分子などの高分子、強誘電体、シリコン、形状記憶合金などを材料として、電気、熱、光などの刺激により変形する静電引力型アクチュエータ、圧電型アクチュエータ、超音波式アクチュエータ、形状記憶合金式アクチュエータ、イオン交換樹脂型アクチュエータなどが知られている。

【0003】たとえば、イオン交換樹脂型アクチュエータは、イオン交換樹脂膜とそのイオン交換樹脂膜の両面に接合した電極とからなり、イオン交換樹脂膜の含水状態においてイオン交換樹脂膜に電位差をかけてイオン交換樹脂膜に湾曲および変形を生じさせるものである。

(特開平4-275078号公報参照)。

【0004】ところで、直接人体に触れる医用機器では、組織を傷つけない柔軟な材料からなるアクチュエータが要求され、とくに、義足、義手、人工器官などの人工筋肉には、より軽量で、柔軟な動きをするアクチュエータが望まれている。

【0005】このような軽量で、柔軟な動きをするアクチュエータとして、導電性高分子であるポリアニリンを用いる試みが提案されている(応用物理第65巻第8号第803～810頁参照)。このポリアニリンを使用し

たアクチュエータは、たとえば2枚のポリアニリンフィルムを粘着テープの両面に貼り合わせた3層構造であり、電解液中で、両側のフィルムに1.5Vの電圧をかけると、正極側のフィルムが伸び、陰極側のフィルムが収縮して、アクチュエータが湾曲するものである。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなポリアニリンを使用したアクチュエータでは、電解液中で作動させる必要があるため、取扱が難しく、電解液が存在しない空気中や電解質が存在しない純水中では作動しないなど、応用面での制約が多いという問題があった。また、このようなポリアニリンを用いたアクチュエータは、変位量が小さく、伸縮率が低く、剛性が高いなどの欠点もあった。

【0007】さらにまた、アクチュエータに使用されるポリアニリンは、他の物質との相溶性が悪く、かつ融点を持たないため、加工が難しいという欠点もあった。本発明は、上記のような従来技術に伴う問題点を解決しようとするものであって、柔軟性に優れ、かつ軽量で、応答が早く、変位量の大きな人工筋肉体を提供することを目的としている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、前述したような従来技術における課題および目的を達成するために発明されたものであって、本発明に係る人工筋肉体は、固体電解質成形体と、該固体電解質成形体の表面に相互に絶縁状態で形成されたポリアニリン膜体とから構成され、前記ポリアニリン膜体に電位差をかけることにより前記ポリアニリン膜体を変形させて、人工筋肉体を所定方向に変形自在となるように構成したことを特徴とするものである。このように構成することによって、電解液の非存在下にポリアニリン膜への陰イオンの出し入れを行うことが可能であり、柔軟性に優れ、軽量で、応答が早く、変位量および変位力の大きな人工筋肉体を得ることができる。

【0009】また、上記人工筋肉体においては、ポリアニリン膜体がポリアニリンをビニルスルホンでグラフト変性した変性ポリアニリン重合体を含んでいることが好ましい。このようにポリアニリン膜体が変性ポリアニリン重合体を含むことによって、ポリアニリンへの陰イオンの出し入れが円滑に進むため、さらに変位力が大きく、応答性の速い人工筋肉体を得られる。

【0010】さらに、上記人工筋肉体においては、ポリアニリン膜体が固体電解質を含むポリアニリン膜体であることが好ましい。このようにポリアニリン膜体が固体電解質を含むことによって、ポリアニリンへの陰イオンの出し入れが円滑に進み、かつポリアニリン膜体自体を柔らかくすることができるので、柔軟性に優れ、変位力が大きく、応答性の速い人工筋肉体を得ることができる。

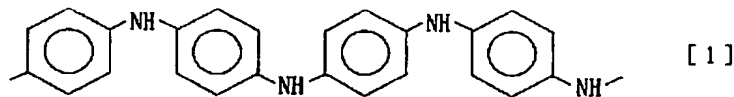
【0011】さらにまた上記人工筋肉体においては、固体電解質成形体が、陰イオン交換樹脂成形体であることが好ましい。このように固体電解質成形体が、陰イオン交換樹脂成形体であると、人工筋肉体の変形の際、ポリアニリン膜の変形と同じ方向に陰イオン交換樹脂成形体も変形するので、さらに変位力および変位量の大きな人工筋肉体を得られる。

【0012】また、上記人工筋肉体においては、前記ポリアニリン膜体が、複数対のポリアニリン膜体からなることが好ましい。このように複数対のポリアニリン膜体から構成されると、任意の方向に変形し、回転が可能な人工筋肉体を得ることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（実施例）について図面に基づいてより詳細に説明する。

【0014】[人工筋肉体] 図1および図2は、本発明に係る人工筋肉体の最適な実施例を示す概略断面図である。この実施例において、人工筋肉体1は、細長い矩形平板状の固体電解質成形体2と、該固体電解質成形体2の両面に相互に絶縁状態で形成された一対のポリアニリン膜体3a、3bとから構成され、この一対のポリアニリン膜体3a、3bに電圧を印加することにより、ポリアニリン膜体3a、3bが湾曲変形（屈曲）するようになっている。



【0019】このようなポリアニリンは、アニリンを塩酸に溶解した水溶液にペルオキシ二硫酸アンモニウムを添加し、アニリンを重合することによって得ることができる。

【0020】また、ポリアニリン膜体3a、3bは、上記一般式[1]で表されるポリアニリンにビニルスルホン酸がグラフト共重合した変性ポリアニリン重合体であってもよい。なお、ビニルスルホン酸は、Na、Kなどの塩化合物、エステル化合物などの誘導体であってもよい。このようなグラフト共重合は、ポリアニリンに電子線を照射したのち、該ポリアニリンをビニルスルホン酸水溶液に浸漬することによって行うことができる。さらにまた、上記一般式[1]で表されるポリアニリンには、ビニルスルホン酸以外にポリアクリル酸がグラフト共重合されていてもよい。

【0021】さらにまた、ポリアニリン膜体3a、3bは、固体電解質が配合されたものであってもよい。固体電解質としては、固体電解質成形体2を構成する固体電解質と同様のものが例示され、このような固体電解質は、固体電解質成形体2に使用されるものと同一のものであっても、異なるものであってもよい。

【0022】ポリアニリン膜体中の固体電解質は、ポリアニリン100重量部に対し、固体電解質が0.1～2

【0015】このポリアニリン膜体3a、3bには、一対のリード線4a、4bの一端がそれぞれ電氣的に接続されているとともに、この各リード線4a、4bは、電源5に接続されている。

【0016】固体電解質成形体2としては、上記矩形平板状に限定されるものではなく、例えば膜状、円柱状、円筒状などであってもよい。このような固体電解質成形体2を構成する固体電解質としては、陰イオン交換樹脂、陽イオン交換樹脂、両イオン交換樹脂などが挙げられる。陽イオン交換樹脂としては、ポリエチレン、ポリスチレン、フッ素樹脂などの表面にスルホン酸基、カルボキシル基などの官能基が導入されたものが使用される。陰イオン交換樹脂としては、ポリエチレン、ポリスチレン、フッ素樹脂などの表面にアミノ基などの官能基が導入されたものが使用される。このうち、本発明では、陰イオン交換樹脂が好適に使用される。このような陰イオン交換樹脂を使用すると、後述するような理由で、人工筋肉体変形時にポリアニリン膜体に変形と同じ方向に陰イオン交換樹脂が変形するため、人工筋肉体の変位量および変位力を大きくすることができる。

【0017】ポリアニリン膜体3a、3bは、下記一般式[1]で表されるポリアニリンからなる。

【0018】

【化1】

0重量部、好ましくは0.5～5重量部の量で含まれていることが望ましい。

【0023】このような固体電解質のポリアニリンへの配合は、ポリアニリンの溶解液に、固体電解質の溶解液を添加し、混合したのち、乾燥して、溶剤を除去することによって行うことができる。なお、ポリアニリンを溶解する溶剤としては、通常、n-メチルピロリドンなどが使用される。また、固体電解質を溶解する溶剤としては、アルコールが使用される。

【0024】固体電解質は、ポリアニリン中に均一に分散していることが人工筋肉体の変位量を大きくすることができるので望ましく、また、このようにポリアニリン中に固体電解質が配合されていると、剛性が低く、柔軟性に優れた人工筋肉体を得ることができる。

【0025】このようなポリアニリン膜体3a、3bは、固体電解質成形体2表面に固体電解質をアルコールなどの溶剤に溶解したものを塗布し、該塗布面にポリアニリン膜体を貼着させることによって接合される。また、固体電解質をアルコールなどの溶剤に溶解したものを塗布して形成した固体電解質層を有する固体電解質成形体2を、ポリアニリンが溶解した液に浸漬したのち、取り出し、乾燥することによって、ポリアニリン膜体を固体電解質成形体2に接合することもできる。

【0026】リード線4a、4bの材質としては、銅、鉄、アルミニウム、金、白金などの一般的に導電性の材料を利用することが可能であり、必要に応じて、メッキまたは絶縁被覆を施すことができる。

【0027】本発明に係る人工筋肉体では、必要に応じて、ポリアニリン膜体3a、3bの表面に固体電解質層が形成されていてもよい。このようにポリアニリン膜体3a、3bの表面に固体電解質層が形成されていると、後述するポリアニリン膜体への陰イオンの出し入れが、ポリアニリン膜体と固体電解質成形体との間以外に、ポリアニリン膜体と固体電解質層との間でも行われるため、人工筋肉体の応答性を速くすることができる。

【0028】この実施例においては、固体電解質成形体2として、厚さ0.15mm、幅2mm、長さ30mmの固体電解質成形体を使用し、この両面に厚さ5～20μmのポリアニリン膜体が接合された人工筋肉体を構成するとともに、電源5として1.5Vの直流電源を使用している。

【0029】このような人工筋肉体の作動原理は明確ではないが、ポリアニリン膜体3a、3bに電位差がかかることで、図2に示すように固体電解質成形体2中の陰イオンが、陰極3bから陽極3aに移動して、陽極のポリアニリンの高分子鎖に陰イオンが挿入され、陽極のポリアニリンは高分子鎖の嵩が増大しているものと推定される。また、陽極のポリアニリンの高分子鎖に陰イオンが挿入されることによって、陽極のポリアニリン分子内の静電反発力が増大し、さらにπ電子の非局在化によって屈曲した高分子鎖を剛直にする構造変化が起きているものと推定される。このような原理により、陽極側のポリアニリンが伸長し、陰極側のポリアニリンが縮小して、人工筋肉体が湾曲していると考えられる（応用物理第65巻第8号 第803～810頁参照）。

【0030】また、ポリアニリンにビニルスルホン酸でグラフトされていると、グラフト鎖によって陰イオンの出し入れが円滑に進むため、人工筋肉体の変位力が大きく、応答性が速くなると推定される。

【0031】また、固体電解質成形体2として、陰イオン交換樹脂成形体を使用されている場合、陰イオン交換樹脂中の陰イオンが陽極側に移動し、かつ、この陰イオンに伴われて水分子が陰イオン交換樹脂内で移動するため、陰イオン交換樹脂の陽極側と陰極側との間に水分量の差が生じ、含水率の高い陽極側が膨潤し、含水率に低い陰極側が収縮することによって、陰イオン交換樹脂も湾曲しているものと考えられる。このため、固体電解質成形体2として、陰イオン交換樹脂を使用すると、ポリアニリン膜体3a、3bの変形方向と陰イオン交換樹脂の変形方向とが同じ方向となるので、両作用が相乗して変形が促進され、高い変位力の誘導体が得られる。

【0032】以上のような本発明に係る人工筋肉体は、

通常、固体電解質成形体が含水している状態で使用され

る。このとき、水中にはNaClなどの電解質が存在していてもよい。このような電解質が存在させることにより、人工筋肉体の変位特性を安定化することができる。また、固体電解質が含水状態にあれば、電解質がポリアニリン膜体の回りに存在していない純水中、空気中であっても、人工筋肉体を作動することができる。

【0033】また、このような本発明に係る人工筋肉体は、一定の電圧をかけている間はポリアニリンが伸縮しているので、変位を固定することができる。

【0034】

【発明の効果】本発明は上記のような構成であるので、電解液が存在しない空気中や電解質が存在しない純水中で作動し、かつ、変位量が大きく、伸縮率が高く、柔軟な人工筋肉体を得ることができる。

【0035】したがって、本発明に係る人工筋肉体をマイクロデバイスの案内部材本体の先端部に接合すると、操作制御部による操作によって、任意かつ積極的に湾曲（変形）させることができるので、案内部材本体の先端部に接続した、ハサミ、鉗子、スネア、レーザメス、スパチュラなどのマイクロサージェリーの医療器具、各種センサー、工具などのマイクロデバイスの誘導性能を向上することができ、これによって、目的部位へ任意の方向に向けることができ、その操作が熟練を要することなく、迅速かつ容易に行うことができる。

【0036】従って、このようなマイクロデバイスおよびそれを備えたマイクロマシンを、例えば、眼球手術、腹腔鏡下手術、微少血管縫合手術などのマイクロサージェリー技術においてピンセット、ハサミ、鉗子、スネア、レーザメス、スパチュラ、クリップなどの医療器具に適用すれば、検査や治療時における患者に与える苦痛を極力和らげ、患者に対する肉体的、精神的負担を低減することができる。

【0037】また、このようなマイクロデバイスおよびそれを備えたマイクロマシンを、発電設備等のプラント、航空機エンジン等の機械システムの配管系統やエンジン内部等の検査、補修等を行う各種センサーや、補修用工具などに適用すれば、補修作業に手間や時間を要せず、確実に行うことが可能となる。

【0038】また、本発明に係る人工筋肉体は、上記以外に、高周波振動によるマイクロポンプ、リハビリ用補助動力マッサージ器などの健康器具、湿度計、湿度計コントロール装置、ソフトマニピュレーター、水中バルブ、ソフト運搬装置などの工業用機器、金魚および海草などの水中モビル、動く釣り餌および推進ヒレなどのホビー用品などにも好適に使用することができる。

【0039】

【実施例】以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

【0040】

【実施例 1】厚さ 0.15mm、幅 2mm、長さ 30mm の固体電解質成形体（ナフィオン 117、デュポン製）を、固体電解質のアルコール溶液に浸漬したのち、取り出し、室温乾燥して、固体電解質成形体上に固体電解質の薄膜を形成した。

【0041】次いで、固体電解質成形体を、ポリアニリンの 8% n-メチルピロリドン溶液に浸漬したのち、取り出し、60℃で 5 時間乾燥して固体電解質薄膜上にポリアニリン膜体を形成した。

【0042】形成したポリアニリン膜体の 4 辺をカッターで切断し、ポリアニリン膜体間を絶縁したのち、さらにポリアニリン膜体を固体電解質のアルコール溶液に浸漬し乾燥して、ポリアニリン膜体上に固体電解質層を形成して人工筋肉体を作製した。

【0043】得られた人工筋肉体のポリアニリン膜体と電源とをリード線を介して電氣的に接続し、蒸留水中で 1.5V の電圧を印加したところ、マイナス側に先端部が 2mm 動いた。

【0044】

【実施例 2】固体電解質として、陰イオン交換樹脂を使用した以外は、実施例 1 と同様に人工筋肉体を作製した。得られた人工筋肉体に、蒸留水中で 1.5V の電圧を印加したところ、マイナス側に人工筋肉体先端部が 3.2mm 動いた。

【0045】

【実施例 3】実施例 1 と同様にして固体電解質の薄膜を形成した固体電解質成形体を、ポリアニリンの 8% n-メチルピロリドン溶液と固体電解質の 5% アルコール溶液との混合液（固体電解質成分 2 重量%）に浸漬したのち、取り出し、60℃で 5 時間乾燥して固体電解質上にポリアニリン膜体を形成した。

【0046】形成したポリアニリン膜体を実施例 1 と同様にして絶縁したのち、実施例 1 と同様にして人工筋肉体を作製した。得られた人工筋肉体に、蒸留水中で 1.5V の電圧を印加したところ、マイナス側に人工筋肉体先端部が 2.8mm 動いた。

【0047】

【実施例 4】粉末状のポリアニリンをビニール袋に薄くのばして入れ、これを、電子線照射装置内を通過させて、2Mrad の電子線をビニール袋を通してポリアニリンに照射した。

【0048】電子線照射後のポリアニリン粉末を、10% p-スチレンスルホン酸ナトリウム水溶液に添加し、攪拌しながら、70℃で 2 時間グラフト反応を行いグラフト変性ポリアニリンを得た。

【0049】得られたグラフト変性ポリアニリンを n-メチルピロリドンに溶解して、グラフト変性ポリアニリンの 8% n-メチルピロリドン溶液を調製し、実施例 1 と同様にして、人工筋肉体を作製した。得られた人工筋肉体に、蒸留水中で 1.5V の電圧を印加したところ、マイナス側に人工筋肉体先端部が 3.1mm 動いた。

【0050】

【比較例 1】ポリアニリンの 8% n-メチルピロリドン溶液を水平においたスライドガラス板上に均一な厚さに展開したのち、50℃に加熱して、溶媒を蒸発させて、40μm のポリアニリンフィルムを得た。得られた 2 枚のポリアニリンフィルムを両面テープで貼着させ、人工筋肉体を作製した。

【0051】得られた人工筋肉体について、1mol の HCl 水溶液中で 1.5V の電圧を印加したところ、マイナス側に人工筋肉体先端部が 3.7mm 動いた。

【図面の簡単な説明】

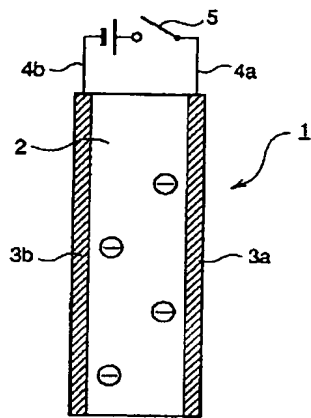
【図 1】本発明の人工筋肉体の電圧無印加状態の概略断面図である。

【図 2】本発明の人工筋肉体の電圧印加状態の概略断面図である。

【符号の説明】

- 1・・・人工筋肉体
- 2・・・固体電解質成形体
- 3a、3b・・・ポリアニリン膜体
- 4a、4b・・・リード線
- 5・・・電源

【図 1】



【図 2】

